

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

GALLIUM NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT

Patent Number: JP5308156
Publication date: 1993-11-19
Inventor(s): MANABE KATSUhide; others: 04
Applicant(s): TOYODA GOSEI CO LTD
Requested Patent: ☐ JP5308156
Application Number: JP19920137715 19920428
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L33/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To improve blue light emitting intensity of a light emitting diode made of GaN compound semiconductor.

CONSTITUTION: A gallium nitride compound semiconductor light emitting element has an N-type layer made of N-type gallium nitride compound semiconductor (Al_xGa_{1-x}N; including X=0) and an I-type layer made of I-type gallium nitride compound semiconductor (Al_xGa_{1-x}N; including X=0). The I-type layer 5 is formed from the side connected to the N-type layer 4 with a plurality of repetitive periods, each period having a low impurity concentration IL-type layer having relatively low P-type impurity concentration and a high impurity concentration IH-type layer having relatively high P-type impurity concentration. With this structure, injection efficiencies of electrons and holes are improved. Further, lights are emitted from a junction surface between the layer 4 and the IL-type layer L1, and a junction surface between the IL-type layer and the IH-type layer, thereby improving light emitting intensity.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開 号

特開平5-308156

(43)公開日 平成5年(1993)11月19日

(51)Int.Cl.⁴

H01L 33/00

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

C 8834-4M

審査請求 未請求 請求項の数1(全 5 頁)

(21)出願番号

特願平4-137715

(22)出願日

平成4年(1992)4月28日

(71)出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地

(72)発明者 真部 勝英

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小出 典克

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1
番地 豊田合成株式会社内

(74)代理人 弁理士 藤谷 修

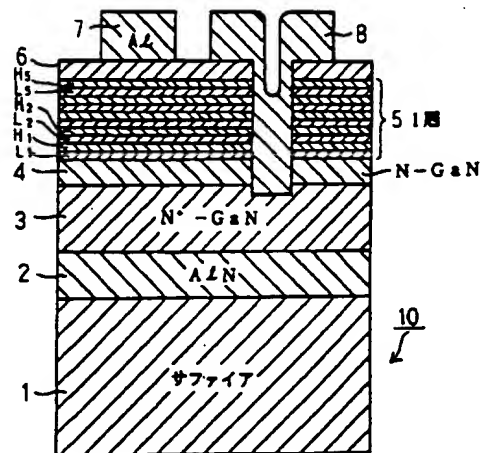
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57)【要約】

【目的】 GaN 系の化合物半導体の発光ダイオードの青色の発光強度の向上。

【構成】 N型の窒化ガリウム系化合物半導体($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $x=0$ を含む)からなるN層と、P型不純物を添加したI型の窒化ガリウム系化合物半導体($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $x=0$ を含む)からなるI層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、I層を、N層4と接合する側からP型不純物濃度が比較的低濃度の低不純物濃度I_L層と、P型不純物濃度が比較的高濃度の高不純物濃度I_H層とを1周期として、複数周期繰り返して形成して形成したことを特徴とする。この構造により電子、正孔の注入効率が向上した。又、N層4と低不純物濃度I_L層L₁との接合面、低不純物濃度I_L層と高不純物濃度I_H層との各接合面で発光し、発光強度が向上した。



3 - 高キャリア濃度N⁺層
4 - 低キャリア濃度N層
L₁ - 低不純物濃度I_L層
H₁ - 高不純物濃度I_H層
6 - 超高不純物濃度I_{LH}層

R006773

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 N型の窒化ガリウム系化合物半導体($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $x=0$ を含む) からのなるN層と、P型不純物を添加したI型の窒化ガリウム系化合物半導体($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $x=0$ を含む) からのなるI層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、

前記I層を、前記N層と接合する側からP型不純物濃度が比較的低濃度の低不純物濃度 I_L 層と、P型不純物濃度が比較的高濃度の高不純物濃度 I_H 層とを1周期として、複数周期繰り返して形成して形成したことを特徴とする発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は青色発光の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来技術】 従来、青色の発光ダイオードとしてGaN系の化合物半導体を用いたものが知られている。そのGaN系の化合物半導体は直接遷移であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色を発光色とする

【0003】 このようなGaN系の化合物半導体を用いた発光ダイオードは、サファイア基板上に直接又は窒化アルミニウムから成るバッファ層を介在させて、N導電型のGaN系の化合物半導体から成る高キャリア濃度 N^+ 層と低キャリア濃度 N 層と、その低キャリア濃度 N 層の上に低不純物濃度 I_L 層と高不純物濃度 I_H 層とを成長させた構造をとっている(特開平3-252177号公報)。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、上記構造の発光ダイオードの発光強度は未だ十分ではなく、改良が望まれている。そこで、本発明の目的は、GaN系の化合物半導体の発光ダイオードの青色の発光強度を向上させることである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、N型の窒化ガリウム系化合物半導体($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $x=0$ を含む) からのなるN層と、P型不純物を添加したI型の窒化ガリウム系化合物半導体($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$; $x=0$ を含む) からのなるI層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、I層を、N層と接合する側からP型不純物濃度が比較的低濃度の低不純物濃度 I_L 層と、P型不純物濃度が比較的高濃度の高不純物濃度 I_H 層とを1周期として、複数周期繰り返して形成したことを特徴とする。

【0006】 P型不純物としては例えばZnである。各I層の厚さは、形成する層の総数にもよるが、 2×4 層では、約50~1000Åの範囲が望ましい。

【0007】 P型不純物としてZnを用いた場合には、不純物濃度は、低不純物濃度 I_L 層が $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、高不純物濃度 I_H 層が $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}$

2

3 の範囲が望ましい。又、I層の最上層には更に不純物濃度の高い超高不純物濃度 I_{SH} 層を設けるのが望ましい。その超高不純物濃度 I_{SH} 層のZn濃度は $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{22} / \text{cm}^3$ が望ましい。

【0008】

【発明の作用及び効果】 本発明は、I層を、N層と接合する側からP型不純物濃度が比較的低濃度の低不純物濃度 I_L 層と、P型不純物濃度が比較的高濃度の高不純物濃度 I_H 層とを1周期として、複数周期繰り返して形成したので、電子及び正孔の注入効率が向上すると共に、発光部分がN層と低不純物濃度 I_L 層との接合面、各低不純物濃度 I_L 層と各高不純物濃度 I_H 層との各接合面から発光するようになったため発光輝度が向上した。

【0009】

【実施例】 以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1において、発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1に500ÅのAlNのバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、順に、膜厚約2.2 μm 、キャリア濃度 $1.5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ のGaNから成る高キャリア濃度 N^+ 層3、膜厚約1.1 μm 、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ のGaNから成る低キャリア濃度 N 層4、薄膜の多重層から成るI層5が形成されている。I層5は、膜厚約500Å、Zn濃度 $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ の低不純物濃度 I_L 層 L_1 、膜厚約500Å、Zn濃度 $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$ の高不純物濃度 I_H 層 H_1 を1周期として5周期繰り返して形成された多重層構造と、さらに、最上層に形成された膜厚0.2 μm のZn濃度がさらに高い超高不純物濃度 I_{SH} 層6で構成されている。そして、超高不純物濃度 I_{SH} 層6に接続するアルミニウムで形成された電極7と高キャリア濃度 N^+ 層3に接続するアルミニウムで形成された電極8とが形成されている。

【0010】 次に、この構造の発光ダイオード10の製造方法について説明する。上記発光ダイオード10は、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。用いられたガスは、 NH_3 とキャリアガス H_2 とトリメチルガリウム($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニウム($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$) (以下「TMA」と記す)とシラン(SiH_4)とジエチル亜鉛(以下「DEZ」と記す)である。

【0011】 まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したc面を主面とする単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に設置されたサセプタに装着する。次に、常圧で H_2 を2Liter/分で反応室に流しながら温度1100℃でサファイア基板1を気相エッチングした。

【0012】 次に、温度を400℃まで低下させて、 H_2 を20Liter/分、 NH_3 を10Liter/分、TMAを 1.8×10^{-5} モル/分で供給してAlNのバッファ層2が約500Åの厚さに形成された。

【0013】 次に、サファイア基板1の温度を1150℃に

3

保持し、 H_2 を20Liter /分、 NH_3 を10Liter /分、TMGを 1.7×10^{-4} モル/分、 H^2 で0.86ppmまで希釈したシラン(SiH_4)を200mLiter /分の割合で30分間供給し、膜厚約2.2 μ m、キャリア濃度 $1.5 \times 10^{18}/cm^3$ のGa N から成る高キャリア濃度 N^- 層3を形成した。

【0014】続いて、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、 H_2 を20Liter /分、 NH_3 を10Liter /分、TMGを 1.7×10^{-4} モル/分の割合で15分間供給し、膜厚約1.1 μ m、キャリア濃度 $1 \times 10^{18}/cm^3$ のGa N から成る低キャリア濃度 N 層4を形成した。

【0015】次に、サファイア基板1を900℃にして、 H_2 を20Liter /分、 NH_3 を10Liter /分、TMGを 1.7×10^{-4} モル/分、DEZを 3×10^{-4} モル/分の割合で0.7分間供給して、膜厚500Å、Ga N から成るZn濃度 $2 \times 10^{18}/cm^3$ の低不純物濃度 I_L 層L $_1$ を形成した。

【0016】続いて、サファイア基板1を900℃にして、 H_2 を20Liter /分、 NH_3 を10Liter /分、TMGを 1.7×10^{-4} モル/分、DEZを 1.5×10^{-4} モル/分の割合で0.7分間供給して、膜厚500Å、Ga N から成るZn濃度 $1 \times 10^{20}/cm^3$ の高不純物濃度 I_H 層H $_1$ を形成した。

【0017】続いて、上記の低不純物濃度 I_L 層と高不純物濃度 I_H 層の形成工程を、さらに、4周期繰り返して、全体として5周期の多重構造を得た。続いて、サファイア基板1を900℃にして、 H_2 を20Liter /分、 NH_3 を10Liter /分、TMGを 1.7×10^{-4} モル/分、DEZを 4.5×10^{-4} モル/分の割合で3分間供給して、膜厚0.2 μ m、Ga N から成るZn濃度 $3 \times 10^{20}/cm^3$ の超高不純物濃度 I_{SH} 層6を形成した。このようにして、図2に示すような多層構造が得られた。

【0018】次に、図3に示すように、超高不純物濃度 I_{SH} 層6の上に、スパッタリングにより SiO_2 層11を2000Åの厚さに形成した。次に、その SiO_2 層11上にフォトリソグレイブにより、そのフォトリソグレイブを高キャリア濃度 N^- 層3に対する電極形成部位のフォトリソグレイブを除去したパターンに形成した。

【0019】次に、図4に示すように、フォトリソグレイブ12によって覆われていない SiO_2 層11をフッ酸系エッチング液で除去した。次に、図5に示すように、フォトリソグレイブ12及び SiO_2 層11によって覆われていない部位の超高不純物濃度 I_{SH} 層6、多重層構造の I 層5、低キャリア濃度 N 層4及び高キャリア濃度 N^- 層3の上面一部を、真空度0.04Torr、高周波電力0.44W/cm 2 、 CCl_2F_2 ガスを10cc/分でドライエッチングした後、Arでドライエッチングした。

【0020】次に、図6に示すように、超高不純物濃度

4

I_{SH} 層6上に残っている SiO_2 層11をフッ酸で除去した。次に、図7に示すように、試料の上全面に、Al層13を蒸着により形成した。そして、そのAl層13の上にフォトリソグレイブ14を塗布して、フォトリソグレイブにより、そのフォトリソグレイブ14が高キャリア濃度 N^- 層3及び超高不純物濃度 I_{SH} 層6に対する電極部が残るように、所定形状にパターン形成した。

【0021】次に、図7に示すようにそのフォトリソグレイブ14をマスクとして下層のAl層13の露出部を硝酸系エッチング液でエッチングし、フォトリソグレイブ14をアセトンで除去し、高キャリア濃度 N^- 層3の電極8、超高不純物濃度 I_{SH} 層6の電極7を形成した。

【0022】このようにして、図1に示すようにMIS(Metal-Insulator-Semiconductor)構造の窒化ガリウム系発光素を製造することができる。このようにして製造された発光ダイオード10の発光強度を測定したところ、2mcdであった。これは、従来の発光ダイオードに比べて、発光強度が10倍に向上した。又、発光面を観察した所、発光点の数が飛躍的に増加していることも観察された。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な一実施例に係る発光ダイオードの構成を示した構成図。

【図2】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図3】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図4】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図5】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図6】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図7】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

10…発光ダイオード

1…サファイア基板

2…パッファ層

3…高キャリア濃度 N^- 層

4…低キャリア濃度 N 層

5…第I層

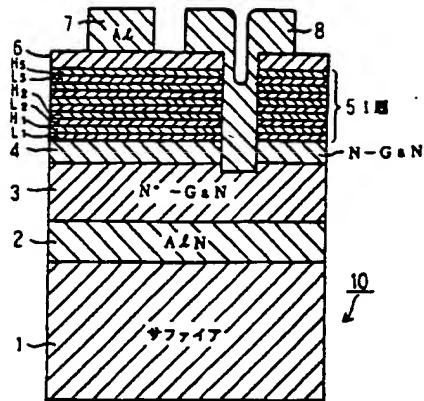
6…超高不純物濃度 I_{SH} 層

L $_1$ …L $_5$ …低不純物濃度 I_L 層

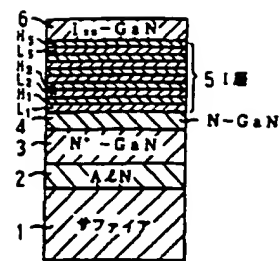
H $_1$ …H $_5$ …高不純物濃度 I_H 層

7, 8…電極

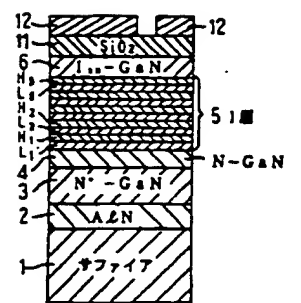
【図1】



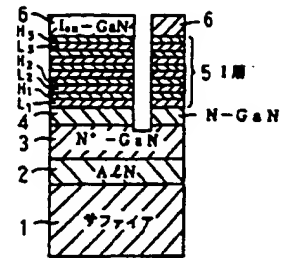
【図2】



【図3】



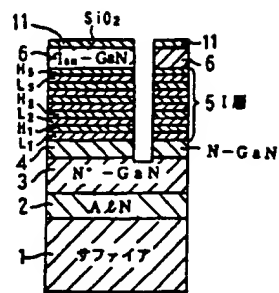
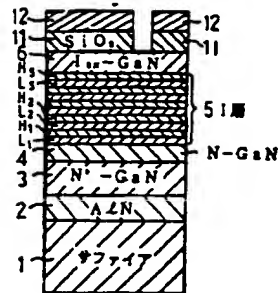
【図6】



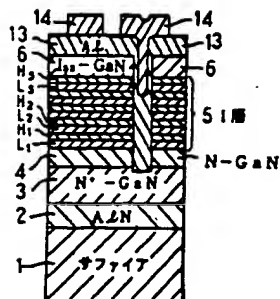
3 - 高キャリア濃度N⁺層
4 - 低キャリア濃度N層
L₁ - 低不純物濃度L₁層
H₁ - 高不純物濃度H₁層
6 - 絶縁不純物濃度L₂層

【図4】

【図5】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 梅崎 潤一

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 野村 静代

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 佐々 道成

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内